

Japanese Patent Laid-open No. 2001-86007 A

Publication date : March 30, 2001

Applicant : Mitsubishi Electric Corporation

Title : Communication Device and Communication Method

5

[Abstract]

[Problems] To enable conducting an appropriate error correction processing and to realize data communication with good transmission efficiency.

10 [Solving Means] A transmitting end divides respective code words according to a ratio of a less noise period and a more noise period and rearranges the code words so as to be included in the less noise period and the more noise period, respectively, and a receiving end rearranges the code words  
15 inversely to the transmitting end.

[Fig. 1] Fig. 1 is an explanatory view concretely which shows one example of the configuration of a receiving system, such as a communication modem, in an ADSL communication  
20 device which is the first mode for carrying out a communication device according to the present invention.

[Fig. 5] Fig. 5 is an explanatory view concretely which shows one example of the configuration of a transmission system, such as a communication modem, in the ADSL  
25

communication device if turbo codes as one type of codes for an error correction processing in the first mode for carrying out the invention are used.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-86007

(P2001-86007A)

(43)公開日 平成13年3月30日 (2001.3.30)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

H 03 M 13/27  
H 04 L 1/00  
29/08

識別記号

F I

H 03 M 13/27  
H 04 L 1/00  
13/00

テマコード(参考)  
5 J 0 6 5  
G 5 K 0 1 4  
3 0 7 Z 5 K 0 3 4

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全18頁)

(21)出願番号

特願平11-263243

(22)出願日

平成11年9月17日 (1999.9.17)

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 松本 渉

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(74)代理人 100102439

弁理士 宮田 金雄 (外2名)

Fターム(参考) 5J065 AA01 AB01 AC02 AD01 AD11

AE02 AE06 AG06 AH09

5K014 AA01 BA02 BA05 FA16

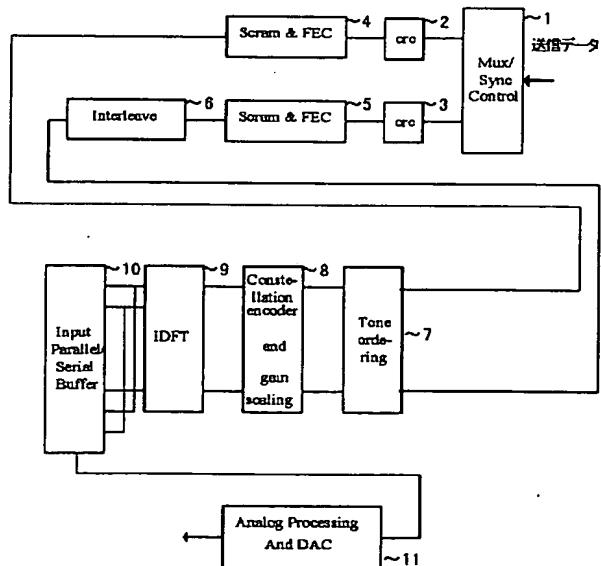
5K034 AA06 DD01 NN22

(54)【発明の名称】 通信装置および通信方法

(57)【要約】

【課題】 適切なエラー訂正処理を行うことができ、かつ伝送効率よくデータを通信することを実現する。

【解決手段】 送信側で、各コードワードをノイズの少ない期間とノイズの多い期間との比に合わせて分け、それぞれノイズの少ない期間とノイズの多い期間とに収まるように並び替えを行い、受信側でその逆の並び替えを行うものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 データ通信の際エラーの少ない期間とエラーの多い期間とが周期的に現われる通信環境下で、所定の単位時間毎にフォワードエラーコレクション処理をした後、データを送信する通信装置であって、

前記所定の単位時間のデータを前記エラーの少ない期間と前記エラーの多い期間との比に合わせて分割し、前記エラーの少ない期間の比に合わせて分割されたデータを前記エラーの少ない期間に並び替え、前記エラーの多い期間の比に合わせて分割されたデータを前記エラーの多い期間に並び替える並び替え手段と、

前記並び替え手段により並び替えられたデータを送信する送信手段とを備えたことを特徴とする通信装置。

【請求項2】 データ通信の際エラーの少ない期間とエラーの多い期間とが周期的に現われる通信環境下で、受信したデータにおいて所定の単位時間内に所定の割合以下のエラーが発生した場合、フォワードエラーコレクション処理を行ってエラーした部分を訂正する通信装置であって、

前記所定の単位時間のデータを前記エラーの少ない期間と前記エラーの多い期間との比に合わせて分割され、前記エラーの少ない期間の比に合わせて分割されたデータを前記エラーの少ない期間に並び替えられ、前記エラーの多い期間の比に合わせて分割されたデータを前記エラーの多い期間に並び替えられて送信されたデータを受信する受信手段と、

前記受信手段により受信したデータに対して送信前に行われた並び替えと逆の並び替えを行い元のデータに再配置する再配置手段と、

前記所定の単位時間内に所定の割合以下のエラーが発生した場合、フォワードエラーコレクション処理を行ってエラーした部分を訂正するエラー訂正処理手段とを備えたことを特徴とする通信装置。

【請求項3】 データ通信の際エラーの少ない期間とエラーの多い期間とが周期的に現われる通信環境下で、所定の単位時間毎にフォワードエラーコレクション処理をした後、データを送信し、送信されたデータにおいて所定の単位時間内に所定の割合以下のエラーが発生した場合、フォワードエラーコレクション処理を行ってエラーした部分を訂正する通信方法であって、

前記所定の単位時間のデータを前記エラーの少ない期間と前記エラーの多い期間との比に合わせて分割し、前記エラーの少ない期間の比に合わせて分割されたデータを前記エラーの少ない期間に並び替え、前記エラーの多い期間の比に合わせて分割されたデータを前記エラーの多い期間に並び替え、

並び替えられたデータを送信し、

送信されたデータに対して送信前に行われた並び替えと逆の並び替えを行い元のデータに再配置し、

前記所定の単位時間内に所定の割合以下のエラーが発生

した場合、フォワードエラーコレクション処理を行ってエラーした部分を訂正することを特徴とする通信方法。

【請求項4】 請求項3に記載の通信方法において、データ通信はxDSL通信であることを特徴とする通信方法。

【請求項5】 請求項3に記載の通信方法において、データ通信は電力線通信であることを特徴とする通信方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の通信装置間でデータ通信を行い、データ誤りが生じた場合、エラー訂正を行う通信装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、通信装置では、データを受信した際にエラー訂正処理を行っているが、エラー訂正処理は、所定の単位時間毎に行い、その単位時間内に所定の割合以下のエラーが発生した場合、エラーした部分を訂正することにより行っていた。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、所定の単位時間内に所定の割合以上のエラーが発生した場合は、エラーを訂正することができず、更に、所定の単位時間内全てのデータがエラーとなってしまっていた。

【0004】例えば、自通信装置と他の通信装置との間の干渉ノイズ等の影響により、ノイズの影響の大きい、すなわちノイズの多いデータ通信期間と、ノイズの影響の少ない、すなわちノイズの少ないデータ通信期間とが存在する場合、ノイズの多いデータ通信期間はエラーが発生する確率が高く、ノイズの少ないデータ通信期間はエラーが発生する確率が低い。したがって、ノイズの少ないデータ通信期間では所定単位時間内に所定の割合以上のエラーが発生することは少なく、正常にエラー訂正処理が行うことができる。しかし、一方ノイズの多いデータ通信期間では所定単位時間内に所定の割合以上のエラーが発生することが頻繁に起こり、所定単位時間内の全てのデータがエラーとなり、逆にエラーが多くなってしまうという問題があった。

【0005】また、ノイズの多いデータ通信期間でも所定の割合以上のエラーが発生しないようにエラー訂正能力を上げることにより、ノイズの多いデータ通信期間でも正常にエラー訂正処理を行うこともできる。しかし、エラー訂正能力を上げると、伝送データに対するパリティビットの割合が増えてしまい、エラー訂正処理は正常に行うことができるが、伝送効率が悪化してしまうという新たな問題が生じる。

【0006】本発明はこのような問題を解決するためになされたもので、適切なエラー訂正処理を行うことができ、かつ伝送効率のよい通信装置を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明に係る通信装置は、データ通信の際エラーの少ない期間とエラーの多い期間とが周期的に現われる通信環境下で、所定の単位時間毎にフォワードエラーコレクション処理をした後、データを送信する通信装置であって、前記所定の単位時間のデータを前記エラーの少ない期間と前記エラーの多い期間との比に合わせて分割し、前記エラーの少ない期間の比に合わせて分割されたデータを前記エラーの少ない期間に並び替え、前記エラーの多い期間の比に合わせて分割されたデータを前記エラーの多い期間に並び替える並び替え手段と、前記並び替え手段により並び替えられたデータを送信する送信手段とを備えるものである。

【0008】本発明に係る通信装置は、データ通信の際エラーの少ない期間とエラーの多い期間とが周期的に現われる通信環境下で、受信したデータにおいて所定の単位時間内に所定の割合以下のエラーが発生した場合、フォワードエラーコレクション処理を行ってエラーした部分を訂正する通信装置であって、前記所定の単位時間のデータを前記エラーの少ない期間と前記エラーの多い期間との比に合わせて分割され、前記エラーの少ない期間の比に合わせて分割されたデータを前記エラーの少ない期間に並び替えられ、前記エラーの多い期間の比に合わせて分割されたデータを前記エラーの多い期間に並び替えられて送信されたデータを受信する受信手段と、前記受信手段により受信したデータに対して送信前に行われた並び替えと逆の並び替えを行い元のデータに再配置する再配置手段と、前記所定の単位時間内に所定の割合以下のエラーが発生した場合、フォワードエラーコレクション処理を行ってエラーした部分を訂正するエラー訂正処理手段とを備えるものである。

【0009】本発明に係る通信方法は、データ通信の際エラーの少ない期間とエラーの多い期間とが周期的に現われる通信環境下で、所定の単位時間毎にフォワードエラーコレクション処理をした後、データを送信し、送信されたデータにおいて所定の単位時間内に所定の割合以下のエラーが発生した場合、フォワードエラーコレクション処理を行ってエラーした部分を訂正する通信方法であって、前記所定の単位時間のデータを前記エラーの少ない期間と前記エラーの多い期間との比に合わせて分割し、前記エラーの少ない期間の比に合わせて分割されたデータを前記エラーの少ない期間に並び替え、前記エラーの多い期間の比に合わせて分割されたデータを前記エラーの多い期間に並び替え、並び替えられたデータを送信し、送信されたデータに対して送信前に行われた並び替えと逆の並び替えを行い元のデータに再配置し、前記所定の単位時間内に所定の割合以下のエラーが発生した場合、フォワードエラーコレクション処理を行ってエラーした部分を訂正するものである。

【0010】また、データ通信はxDSL通信である。

## 【0011】また、データ通信は電力線通信である。

## 【0012】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 以下、本発明に係る通信装置の実施の形態1を図面に基づき説明する。なお、以下の実施の形態では、通信装置はxDSL通信方式の1つであるADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)通信を行うものとして説明するが、エラー訂正処理を、所定の単位時間毎に行い、その単位時間内に所定の割合以下のエラーが発生した場合、エラーした部分を訂正することにより行う通信装置であればよく、これに限られない。

【0013】ここでxDSL通信方式とは、近年、有線系ディジタル通信方式として注目されている通信方式で、既設の電話用銅線ケーブルを使用して高速ディジタル通信を行うADSL通信方式や、HDSL(high-bit-rate Digital Subscriber Line)通信方式、VDSL(Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line)通信方式等がある。これに用いられている主な変復調方式には、DMT(Discrete MultiTone)変復調方式やOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex)変復調方式等のマルチキャリア変復調方式がある。

【0014】図1は、本発明に係る通信装置の実施の形態1であるADSL通信装置の通信モジュール等の送信部ないしは送信専用機(以下、送信系といふ。)の構成の一例を具体的に示した説明図である。図1において、1はマルチプレックス/シンクコントロール(Mux/Sync Control)、2, 3はサイクリックリダンダンシチェック(crc)、4, 5は並び替え手段としてのスクランブル・フォワードエラーコレクション(Scram and FEC)、6はインターリーブ、7はトーンオーダリング(Tone ordering)、8はコンステレーションエンコーダ・ゲインスケーリング(Constellation encoder and gain scaling)、9は逆離散フーリエ変換部(IDFT)、10は入力パラレル/シリアルバッファ(Input Parallel/Serial Buffer)、11は送信手段としてのアナログプロセッシング・D/Aコンバータ(Analog Processing and DAC)である。

【0015】図2は、本発明に係る通信装置の実施の形態1であるADSL通信装置の通信モジュール等の受信部ないしは受信専用機(以下、受信系といふ。)の構成の一例を具体的に示した説明図である。図2において、21は受信手段としてのアナログプロセッシング・A/Dコンバータ(Analog Processing And ADC)、22は時間領域の適応等価処理を行うタイムドメインイコライザ(TDQ; Time domain Equalizer)、23は入力シリアル/パラレルバッファ、24は離散フーリエ変換部(DFT)、25は周波数ドメインイコライザ(FEQ; Frequency domain Equalizer)、26はコンステレーションエンコーダ・ゲインスケーリング(Constellation encoder and gain scaling)、27はトーンオーダリング(Tone ordering)、28はデインターリーブ(Deinterleave)、

29, 30は再配置手段及びエラー訂正処理手段としてのデスクランブル・フォワードエラーコレクション(Desync and FEC)、31, 32はサイクリックリダンダシティチェック(crc)、33はミュックス/シンクコントロール(Mux/Sync Control)である。

【0016】次に、図1及び図2を用いて動作を説明する。まず、送信系の動作を説明すると、図1において送信データをマルチプレックス/シンクコントロール(Mux/Sync Control)1により多重化し、サイクリックリダンダシティチェック2, 3により誤り検出用コードを付加し、フォワードエラーコレクション4, 5でFEC用コードの付加およびスクランブル処理し、場合によってはインターリーブ6をかける。その後、トーンオーダリング7でトーンオーダリング処理し、コンステレーションエンコーダ・ゲインスケーリング8によりコンステレーションデータを作成し、逆離散フーリエ変換部9にて逆離散フーリエ変換し、入力パラレル/シリアルバッファ10にてパラレル/シリアル変換し、D/Aコンバータを通してデジタル波形をアナログ波形に変換し、続いでローパスフィルタをかける。

【0017】一方、受信系の動作を説明すると、アナログプロセッシング・A/Dコンバータ21が受信波に対しLPFをかけ、A/Dコンバータを通してアナログ波形をデジタル波形に変換し、続いてタイムドメインコーライザ(TEQ)22を通して時間領域の適応等化処理を行う。次に、その時間領域の適応等化処理がされたデータは、入力シリアル/パラレルバッファ23を経由して、シリアルデータからパラレルデータに変換され、離散フーリエ変換部(DFT)24で離散フーリエ変換され、周波数ドメインコーライザ(FEQ)25により周波数領域の適応等化処理が行われる。そして、コンステレーションエンコーダ・ゲインスケーリング26によりConstellationデータを再生し、トーンオーダリング27でシリアルデータに変換し、デスクランブル・フォワードエラーコレクション29でFECやデスクランブル処理し、場合によっては、デインターリーブ28をかけてデスクランブル・フォワードエラーコレクション30でFECやデスクランブル処理し、その後、サイクリックリダンダシティチェック31, 32を行なって、ミュックス/シンクコントロール(Mux/Sync Control)33によりデータを再生する。

【0018】次に、エラー訂正処理を行う動作について送信側と受信側とを分けて詳細に説明する。図3は、実施の形態1におけるエラー訂正処理の動作を示す説明図である。図3において、図3(a)はスクランブル・フォワードエラーコレクション4, 5におけるFEC処理前、例えばリードソロモン(以後、R-Sと呼ぶ)多項式によるエラー訂正処理前のデータ、図3(b)はスクランブル・フォワードエラーコレクション4, 5におけるFEC処理後のデータ、図3(c)はスクランブル・

フォワードエラーコレクション4, 5における並び替え後すなわちコンパート処理後のデータ、図3(d)は伝送路を介して受信したデスクランブル・フォワードエラーコレクション29, 30に入力されるデータ、図3(e)はデスクランブル・フォワードエラーコレクション29, 30における再配置後すなわちコンパート処理後のデータ、図3(f)はデスクランブル・フォワードエラーコレクション29, 30におけるFEC処理後のデータである。

10 【0019】図3は、自通信装置と他の通信装置との間の干渉ノイズ等の影響により、エラーの少ない期間であるノイズの少ないデータ通信期間とエラーの多い期間であるノイズの多いデータ通信期間とが存在する場合を示している。例えば、ADSL通信装置とTCM-ISDN通信装置との間の干渉ノイズの影響により、ノイズの少ないデータ通信期間であるFEXT(Far-end cross talk)期間と、ノイズの多いデータ通信期間であるNEXT(Near-end cross talk)とが存在する場合である。このような場合に、例えば10シンボル毎にノイズが少ない期間とノイズが多い期間とが含まれており、所定の単位時間である1コードワードを2シンボルとした例を用いて説明する。

20 【0020】<送信側の動作>まず、マルチプレックス/シンクコントロール(Mux/Sync Control)1による多重化、サイクリックリダンダシティチェック2, 3による誤り検出用コードの付加(図示しない)を行った後、図3(a)に示されるようなノイズの少ない期間とノイズの多い期間とが4シンボルと6シンボル、3シンボルと7シンボルという単位でデータが入力されると、スクランブル・フォワードエラーコレクション4, 5は、R-S多項式によるエラー訂正処理、すなわちFEC処理を行う。FEC処理を行うと、各コードワードに対して図3(b)に示すように、太線で示すパリティビットが付加される。このときのFEC処理の所定の単位時間である1コードワードは2シンボルである。

30 【0021】次に、スクランブル・フォワードエラーコレクション4, 5は、FEC処理後のデータの並び替え、すなわちコンパート処理を行う。図3(c)に示すように、ノイズの少ない期間とノイズの多い期間との比が4対6である前半の10シンボルについては、各シンボルを4対6、つまり4/10シンボルと6/10シンボルとに分け、4/10シンボルはコンパート後のノイズの少ない期間に相当する4シンボルに収まるように並び替え、6/10シンボルはコンパート後のノイズの多い期間に相当する6シンボルに収まるように並び替え。そして、ノイズの少ない期間とノイズの多い期間との比が3対7である後半の10シンボルについては、各シンボルを3対7、つまり3/10シンボルと7/10シンボルとに分け、3/10シンボルはコンパート後のノイズの少ない期間に相当する3シンボルに収まるよう

に並び替え、7/10シンボルはコンバート後のノイズの多い期間に相当する7シンボルに収まるように並び替える。

【0022】図3(c)に示すコンバート処理後のデータは、インターリーブ6、トーンオーダリング7、コンステレーションエンコーダ・ゲインスケーリング8、逆離散フーリエ変換部9、入力パラレル/シリアルバッファ10、D/Aコンバータ11にて各処理を行った後、受信側通信装置に対して伝送路を介して出力される。

【0023】<受信側の動作>伝送路を介して受信されたデータは、アナログプロセッシング・A/Dコンバータ21、タイムドメインイコライザ(TEQ)22、入力シリアル/パラレルバッファ23、離散フーリエ変換部(DFT)24、周波数ドメインイコライザ(FEQ)25、コンステレーションエンコーダ・ゲインスケーリング26、トーンオーダリング27、デインターリーブ28にて各処理が行われ、図3(d)に示すようなデータがデスクランブル・フォワードエラーコレクション29、30に入力される。図3(d)における斜線の部分は、ノイズの影響によりエラーする確率が高くなっている部分を示している。

【0024】図3(d)に示すデータが入力されると、デスクランブル・フォワードエラーコレクション29、30はコンバート処理を行う。受信側で行うコンバート処理では、送信側で行われたコンバート処理と逆の処理を行う。つまり、ノイズの少ない期間とノイズの多い期間との比が4対6である前半10シンボルについては、ノイズの少ない期間を4/10シンボル10個に分け、これら10個の4/10シンボルのデータを10個のシンボルそれぞれに収まるよう並び替え、ノイズの多い期間を6/10シンボル10個に分け、これら10個の6/10シンボルのデータを10個のシンボルそれぞれに収まるよう並び替えて、図3(e)に示すような状態にする。そして、ノイズの少ない期間とノイズの多い期間との比が3対7である後半10シンボルについては、ノイズの少ない期間を3/10シンボル10個に分け、これら10個の3/10シンボルのデータを10個のシンボルそれぞれに収まるよう並び替え、ノイズの多い期間を7/10シンボル10個に分け、これら10個の7/10シンボルのデータを10個のシンボルそれぞれに収まるよう並び替えて、図3(e)に示すような状態にする。

【0025】上記のような処理を行うことにより、図3(e)に示す通り、ノイズの少ない期間とノイズの多い期間との比が4対6である前半10シンボルについては、2シンボルの各1コードワード中に、ノイズの少ない期間のデータが4/10シンボル×2と、ノイズの多い期間のデータが6/10シンボル×2とが含まれることとなり、各1コードワードにおいてエラーの起こる確率、すなわちエラーの割合が均一化される。ノイズの少

ない期間とノイズの多い期間との比が3対7である後半10シンボルについても同様に、各1コードワードにおいてエラーの割合が均一化される。

【0026】そして、デスクランブル・フォワードエラーコレクション29、30は、図3(e)に示すようなエラーの割合が均一化されたデータについてFEC処理を行い、図3(f)に示すようなエラー訂正されたデータを得る。

【0027】その後、図3(f)に示すFEC処理後のデータについて、サイクリックリダンダンシチェック31、32による処理を行い、ミュックス/シンクコントロール(Mux/Sync Control)33によりデータを再生する。

【0028】次に、適切なエラー訂正処理を行うことができ、かつ伝送効率よくデータを伝送できる理由について、具体的な例をあげて説明する。図3(a)に示すスクランブル・フォワードエラーコレクション4、5におけるFEC処理前のデータの1シンボルを80バイト、所定の単位時間である1コードワードを2シンボル、ノイズの少ない期間の1コードワード中のエラーを2バイト、ノイズの多い期間の1コードワード中のエラーを10バイト、付加するパリティビットを1コードワードに対して16バイトとした場合について説明する。エラー訂正能力は、パリティビットの半分となるので1コードワードに対して8バイトとなる。この所定の割合である1コードワード中に8バイト以下のエラーについてはエラー訂正をすることが可能である。

【0029】従来は、ノイズの少ない期間のデータについては、この期間の1コードワード中のエラーは所定の割合である8バイト以下の2バイトであるためエラーを訂正することができるが、ノイズの多い期間のデータについては、この期間の1コードワード中のエラーは所定の割合である8バイトを越える10バイトであるためエラーを訂正することができず、さらにこの期間の1コードワード中の全てのデータ160バイトがエラーとなってしまっていた。また、ノイズの多い期間のデータについてもエラーが訂正できるようにエラー訂正能力を挙げて1コードワード中10バイト以下訂正可能とする、パリティビットはその倍の20バイトが1コードワードに付加する必要がある。伝送路の状態等により伝送可能な伝送レートは決まっているので、パリティビットが増えると、その分実際に伝送可能なデータの割合は減り、結果としてデータの伝送効率は悪化する。

【0030】これに対し、本実施の形態1における通信装置では、上述のようなエラーの割合の均一化を行う。送信側ではノイズの影響を受ける前であるため、説明は省略する。受信側で、図3(d)に示すデスクランブル・フォワードエラーコレクション29、30に入力されるデータのエラーは、ノイズの少ない期間で2バイト、ノイズの多い期間で10バイトである。これに上述のコ

ンパート処理を行った図3 (e) に示すデータについて、ノイズの少ない期間とノイズの多い期間との比が4対6である前半の10シンボルと、3対7である後半の10シンボルとに分けて、エラー訂正が可能か否かを以\*

(1 コードワード中のエラー)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{ノイズの少ない期間のデータ中のエラー}) + (\text{ノイズの多い期間のデータ中のエラー}) \\
 &= ((\text{ノイズの少ない期間の1コードワード中のエラー}) \times (\text{1コードワード中のノイズの少ない期間のデータの割合})) + ((\text{ノイズの多い期間の1コードワード中のエラー}) \times (\text{1コードワード中のノイズの多い期間のデータの割合})) \\
 &= ((2\text{バイト}) \times (4/10\text{シンボル} \times 2\text{個}/2\text{シンボル})) + ((10\text{バイト}) \times (6/10\text{シンボル} \times 2\text{個}/2\text{シンボル})) \\
 &= 0.8 + 6 \\
 &= 6.8\text{バイト}
 \end{aligned}$$

ノイズの少ない期間とノイズの多い期間との比が4対6である場合、1コードワード中のエラーは6.8バイトとなり、エラー訂正可能な1コードワード中8バイト以下であるため、エラーを訂正することができる。※

(1 コードワード中のエラー)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{ノイズの少ない期間のデータ中のエラー}) + (\text{ノイズの多い期間のデータ中のエラー}) \\
 &= ((\text{ノイズの少ない期間の1コードワード中のエラー}) \times (\text{1コードワード中のノイズの少ない期間のデータの割合})) + ((\text{ノイズの多い期間の1コードワード中のエラー}) \times (\text{1コードワード中のノイズの多い期間のデータの割合})) \\
 &= ((2\text{バイト}) \times (3/10\text{シンボル} \times 2\text{個}/2\text{シンボル})) + ((10\text{バイト}) \times (7/10\text{シンボル} \times 2\text{個}/2\text{シンボル})) \\
 &= 0.6 + 7 \\
 &= 7.6\text{バイト}
 \end{aligned}$$

ノイズの少ない期間とノイズの多い期間との比が3対7である場合、1コードワード中のエラーは7.6バイトとなり、エラー訂正可能な1コードワード中8バイト以下であるため、エラーを訂正することができる。

【0033】つまり、パリティビットを増加させることなく、全てのコードワードにおいてエラーを訂正することができる。

【0034】また、上述の説明では、送信側で、各シンボルをノイズの少ない期間とノイズの多い期間との比に合わせて分け、それぞれノイズの少ない期間とノイズの多い期間とに収まるように並び替えを行い、受信側でその逆の並び替えを行う場合について説明したが、受信側のコンパート処理後の各コードワード内において、ノイズの少ない期間とノイズの多い期間との比に合わせてそれぞれの期間のデータが収まるよう並び替えを行えばよく、これに限られない。図4は、実施の形態1におけるエラー訂正処理の別の動作を示す説明図である。図3の例では、送信側で、各シンボルをノイズの少ない期間とノイズの多い期間との比である4:6、あるいは3:7に合わせて、4/10シンボルと6/10シンボル、あるいは3/10シンボルと7/10シンボルとに分け、それぞれノイズの少ない期間とノイズの多い期間と

\*下に説明する。

【0031】<ノイズの少ない期間とノイズの多い期間との比が4対6である場合> 1コードワード中のエラーを算出する。

※【0032】<ノイズの少ない期間とノイズの多い期間との比が3対7である場合> 1コードワード中のエラーを算出する。

に収まるように並び替えを行い、受信側でその逆の並び替えを行っていた。これに対し、図4の例では、送信側で、各コードワード2シンボルをノイズの少ない期間とノイズの多い期間との比である4:6、あるいは3:7に合わせて、8/10シンボルと12/10シンボル、あるいは6/10シンボルと14/10シンボルとに分け、それぞれノイズの少ない期間とノイズの多い期間とに収まるように並び替えを行い、受信側でその逆の並び替えを行っている。図4の場合も、受信側のコンパート処理後の各コードワード内において、ノイズの少ない期間とノイズの多い期間との比に合わせてそれぞれの期間のデータが収まっているため、1コードワード中のエラーは上述で算出したエラーと同じ値となり、パリティビットを増加させることなく、全てのコードワードにおいてエラーを訂正することができる。

【0035】以上説明したように、データ通信の際エラーの少ない期間とエラーの多い期間とが周期的に現われる通信環境下で、所定の単位時間毎にフォワードエラーコレクション処理をした後、データを送信し、送信されたデータにおいて所定の単位時間内に所定の割合以下のエラーが発生した場合、フォワードエラーコレクション処理を行ってエラーした部分を訂正する通信方法であつ

て、前記所定の単位時間のデータを前記エラーの少ない期間と前記エラーの多い期間との比に合わせて分割し、前記エラーの少ない期間の比に合わせて分割されたデータを前記エラーの少ない期間に並び替え、前記エラーの多い期間の比に合わせて分割されたデータを前記エラーの多い期間に並び替え、並び替えられたデータを送信し、送信されたデータに対して送信前に行われた並び替えと逆の並び替えを行い元のデータに再配置し、前記所定の単位時間内に所定の割合以下のエラーが発生した場合、フォワードエラーコレクション処理を行ってエラーした部分を訂正することにより、適切なエラー訂正処理を行うことができ、かつ伝送効率よくデータを伝送することができる。

【0036】なお、実施の形態1では、並び替え及び再配置、すなわちコンバート処理は、スクランブル・フォワードエラーコレクション4, 5及びデスクランブル・フォワードエラーコレクション29, 30が行っているが、他の回路、例えばインターリーブ6、トーンオーダリング7、トーンオーダリング27、デインターリーブ28で行ってもよいし、別の回路として、スクランブル・フォワードエラーコレクション4, 5の後段及びデスクランブル・フォワードエラーコレクション29, 30の前段に設けて行っても同様の効果を得ることができる。

【0037】また、実施の形態1では、インターリーブ6及びデインターリーブ28を用いているが、ターボコードエンコーダ及びターボコードデコーダを用いてもよい。図5は、実施の形態1におけるエラー訂正処理の1つであるターボコードを使用した場合のADSL通信装置の通信モジュール等の送信系の構成の一例を具体的に示した説明図である。図6は、実施の形態1におけるターボコードを使用した場合のADSL通信装置の通信モジュール等の受信系の構成の一例を具体的に示した説明図である。図5及び図6では、上述したようにインターリーブ6及びデインターリーブ28の代わりに、ターボコードエンコーダ41及びターボコードデコーダ42を用いており、ターボコードエンコーダ41及びターボコードデコーダ42では、内部でデータの並び替えの処理を行っているため、本実施の形態1におけるコンバート処理をこのターボコードエンコーダ41及びターボコードデコーダ42内のデータの並び替えの処理に含めて処理するようにも、同様の効果を得ることができる。

【0038】また、実施の形態1では、10シンボル毎にノイズが少ない期間とノイズが多い期間とが含まれており、ノイズの少ない期間とノイズの多い期間とが4シンボルと6シンボル、3シンボルと7シンボルという単位であり、FEC処理の所定の単位時間である1コードワードが2シンボルである場合について説明したが、処理単位のシンボル数、ノイズの少ない期間のシンボル数、ノイズの多い期間のシンボル数、1コードワードの

シンボル数に他の値を用いても同様の効果を得ることができ、これに限られない。図7は、実施の形態1における他の値を用いたエラー訂正処理の動作を示す説明図である。図7は、10シンボル毎にノイズが少ない期間とノイズが多い期間とが含まれており、ノイズの少ない期間とノイズの多い期間とが図4に示す場合と異なり4シンボルと6シンボルという単位でのみ繰り返しており、FEC処理の所定の単位時間である1コードワードが2シンボルである場合を示しているが、図4に示す場合と10同様の効果を得ることができる。また、データの処理単位にシンボルを用いているが、これに限らず、パケットやセル等の処理単位を用いても同様の効果を得ることができる。

【0039】実施の形態2、上記実施の形態1では、ADSL通信装置を用いた場合について説明したが、本実施の形態2では、電力線通信装置を用いた場合について説明する。本実施の形態では、電力線通信装置を用いた場合について説明するが、エラー訂正処理を、所定の単位時間毎に行い、その単位時間内に所定の割合以下のエラーが発生した場合、エラーした部分を訂正することにより行う通信装置であればよく、これに限られない。

【0040】ここで電力線通信装置とは、既存の電力線を利用して通信を行い、電力線により接続されている家庭内外、ビル、工場、店舗等の電気製品をネットワーク化することにより、その製品の制御やデータ通信等の様々な処理を行うことのできる通信装置である。

【0041】なお、実施の形態1のADSL通信装置と実施の形態2の電力線通信装置とでは、伝送媒体が異なるだけであり、実施の形態2の構成は、上記実施の形態1と同様であるため、構成及び全体の動作の説明は省略する。図8は、実施の形態2におけるエラー訂正処理の動作を示す説明図である。図8において、図8(a)はスクランブル・フォワードエラーコレクション4, 5におけるFEC処理前、例えばリードソロモン(以後、R-Sと呼ぶ)多項式によるエラー訂正処理前のデータ、図8(b)はスクランブル・フォワードエラーコレクション4, 5におけるFEC処理後のデータ、図8(c)はスクランブル・フォワードエラーコレクション4, 5における並び替え後すなわちコンバート処理後のデータ、図8(d)は伝送路を介して受信したデスクランブル・フォワードエラーコレクション29, 30に入力されるデータ、図8(e)はデスクランブル・フォワードエラーコレクション29, 30における再配置後すなわちコンバート処理後のデータ、図8(f)はデスクランブル・フォワードエラーコレクション29, 30におけるFEC処理後のデータである。

【0042】図8に示すように、ノイズが多い期間とノイズが少ない期間とが周期的に発生するのは、電力線通信では、例えば電力線に接続された各種機器のインバータやスイッチング等の影響により、ノイズが周期的に発

13

生する場合が多いからである。ここでは、例えば10シンボル毎にエラーの少ない期間であるノイズが少ない期間とエラーの多い期間であるノイズが多い期間とが含まれており、所定の単位時間である1コードワードを1シンボルとした例を用いて説明する。

【0043】<送信側の動作>まず、マルチブレックス／シンクコントロール(Mux/Sync Control)1による多重化、サイクリックリダンダンシチェック2, 3による誤り検出用コードを付加(図示しない)を行った後、図8(a)に示されるようなノイズの多い期間とノイズの少ない期間とが1シンボルと9シンボルという単位でデータが入力されると、スクランブル・フォワードエラーコレクション4, 5は、R-S多項式によるエラー訂正処理、すなわちFEC処理を行う。FEC処理を行うと、各コードワードに対して図8(b)に示すように、太線で示すパリティビットが付加される。このときのFEC処理の所定の単位時間である1コードワードは1シンボルである。

【0044】次に、スクランブル・フォワードエラーコレクション4, 5は、FEC処理後のデータの並び替え、すなわちコンバート処理を行う。図8(c)に示すように、ノイズの多い期間とノイズの少ない期間との比が1対9である10シンボルについて、各シンボルを1対9、つまり1/10シンボルと9/10シンボルとに分け、1/10シンボルはコンバート後のノイズの多い期間に相当する1シンボルに収まるように並び替え、9/10シンボルはコンバート後のノイズの少ない期間に相当する9シンボルに収まるように並び替える。

【0045】図8(c)に示すコンバート処理後のデータは、インターリーブ6、トーンオーダリング7、コンステレーションエンコーダ・ゲインスケーリング8、逆離散フーリエ変換部9、入力パラレル/シリアルバッファ10、D/Aコンバータ11にて各処理を行った後、受信側通信装置に対して伝送路を介して出力される。

【0046】<受信側の動作>伝送路を介して受信されたデータは、アナログプロセッシング・A/Dコンバータ21、タイムドメインイコライザ(TEQ)22、入力シリアル/パラレルバッファ23、離散フーリエ変換部(DFT)24、周波数ドメインイコライザ(FEQ)25、コンステレーションエンコーダ・ゲインスケーリング26、トンオーダリング27、デインターリーブ28にて各処理が行われ、図8(d)に示すようなデータがデスクランブル・フォワードエラーコレクション29, 30に入力される。図8(d)における斜線の部分は、ノイズの影響によりエラーする確率が高くなっている部分を示している。

【0047】図8(d)に示すデータが入力されると、デスクランブル・フォワードエラーコレクション29, 30はコンバート処理を行う。受信側で行うコンバート処理では、送信側で行われたコンバート処理と逆の処理

14

を行う。つまり、ノイズの多い期間とノイズの少ない期間との比が1対9である10シンボルについて、ノイズの多い期間を1/10シンボル10個に分け、これら10個の1/10シンボルのデータを10個のシンボルそれぞれに収まるよう並び替え、ノイズの少ない期間を9/10シンボル10個に分け、これら10個の9/10シンボルのデータを10個のシンボルそれぞれに収まるよう並び替えて、図8(e)に示すような状態にする。

【0048】上記のような処理を行うことにより、図8(e)に示す通り、ノイズの多い期間とノイズの少ない期間との比が1対9である10シンボルについて、1シンボルの各1コードワード中に、ノイズの多い期間のデータが1/10シンボルと、ノイズの少ない期間のデータが9/10シンボルとが含まれることとなり、各1コードワードにおいてエラーの起こる確率、すなわちエラーの割合が均一化される。

【0049】そして、デスクランブル・フォワードエラーコレクション29, 30は、図8(e)に示すようなエラーの割合が均一化されたデータについてFEC処理を行い、図8(f)に示すようなエラー訂正されたデータを得る。

【0050】その後、図8(f)に示すFEC処理後のデータについて、サイクリックリダンダンシチェック31, 32による処理を行い、ミュックス／シンクコントロール(Mux/Sync Control)33によりデータを再生する。

【0051】次に、適切なエラー訂正処理を行うことができ、かつ伝送効率よくデータを伝送できる理由について、具体的な例をあげて説明する。図8(a)に示すスクランブル・フォワードエラーコレクション4, 5におけるFEC処理前のデータの1シンボルを80バイト、所定の単位時間である1コードワードを1シンボル、ノイズの多い期間の1コードワード中のエラーを40バイト、ノイズの少ない期間の1コードワード中のエラーを2バイト、付加するパリティビットを1コードワードに対して16バイトとした場合について説明する。エラー訂正能力は、パリティビットの半分となるので1コードワードに対して8バイトとなる。この所定の割合である1コードワード中に8バイト以下のエラーについてはエラー訂正をすることが可能である。

【0052】従来は、ノイズの少ない期間のデータについては、この期間の1コードワード中のエラーは所定の割合である8バイト以下の2バイトであるためエラーを訂正することができるが、ノイズの多い期間のデータについては、この期間の1コードワード中のエラーは所定の割合である8バイトを越える40バイトであるためエラーを訂正することができず、さらにこの期間の1コードワード中の全てのデータ80バイトがエラーとなってしまっていた。また、ノイズの多い期間のデータについてもエラーが訂正できるようにエラー訂正能力を拡

げて1コードワード中40バイト以下訂正可能とする  
と、パリティビットはその倍の80バイトが1コードワードに付加する必要がある。伝送路の状態等により伝送可能な伝送レートは決まっているので、パリティビットが増えると、その分実際に伝送可能なデータの割合は減り、結果としてデータの伝送効率は悪化する。

【0053】これに対し、本実施の形態2における通信装置では、上述のようなエラーの割合の均一化を行う。

送信側ではノイズの影響を受ける前であるため、説明は\*

$$\begin{aligned}
 & \text{(1コードワード中のエラー)} \\
 & = (\text{ノイズの多い期間のデータ中のエラー}) + (\text{ノイズの少ない期間のデータ中のエラー}) \\
 & = ((\text{ノイズの多い期間の1コードワード中のエラー}) \times (\text{1コードワード中のノイズの多い期間のデータの割合})) + ((\text{ノイズの少ない期間の1コードワード中のエラー}) \times (\text{1コードワード中のノイズの少ない期間のデータの割合})) \\
 & = ((40\text{バイト}) \times (1/10\text{シンボル})) + ((2\text{バイト}) \times (9/10\text{シンボル})) \\
 & = 4 + 1.8 \\
 & = 5.8\text{バイト}
 \end{aligned}$$

ノイズの多い期間とノイズの少ない期間との比が1対9である場合、1コードワード中のエラーは5.8バイトとなり、エラー訂正可能な1コードワード中8バイト以下であるため、エラーを訂正することができる。

【0055】つまり、パリティビットを増加させることなく、全てのコードワードにおいてエラーを訂正することができる。

【0056】また、上述の説明では、送信側で、各シンボルをノイズの少ない期間とノイズの多い期間との比に合わせて分け、それぞれノイズの少ない期間とノイズの多い期間とに収まるように並び替えを行い、受信側でその逆の並び替えを行う場合について説明したが、受信側のコンパート処理後の各コードワード内において、ノイズの少ない期間とノイズの多い期間との比に合わせてそれぞれの期間のデータが収まるよう並び替えを行えばよく、これに限られない。

【0057】以上説明したように、データ通信の際エラーの少ない期間とエラーの多い期間とが周期的に現われる通信環境下で、所定の単位時間毎にフォワードエラーコレクション処理をした後、データを送信し、送信されたデータにおいて所定の単位時間内に所定の割合以下のエラーが発生した場合、フォワードエラーコレクション処理を行ってエラーした部分を訂正する通信方法であって、前記所定の単位時間のデータを前記エラーの少ない期間と前記エラーの多い期間との比に合わせて分割し、前記エラーの少ない期間の比に合わせて分割されたデータを前記エラーの少ない期間に並び替え、前記エラーの多い期間の比に合わせて分割されたデータを前記エラーの多い期間に並び替え、並び替えられたデータを送信し、送信されたデータに対して送信前に行われた並び替えと逆の並び替えを行い元のデータに再配置し、前記所

\*省略する。受信側で、図8(d)に示すデスクランブル・フォワードエラーコレクション29, 30に入力されるデータのエラーは、ノイズの多い期間で40バイト、ノイズの少ない期間で2バイトである。これに上述のコンパート処理を行った図8(e)に示すデータについて、ノイズの多い期間とノイズの少ない期間との比が1対9である10シンボルについて、エラー訂正が可能か否かを以下に説明する。

【0054】1コードワード中のエラーを算出する。

20 定の単位時間内に所定の割合以下のエラーが発生した場合、フォワードエラーコレクション処理を行ってエラーした部分を訂正することにより、適切なエラー訂正処理を行うことができ、かつ伝送効率よくデータを伝送することができる。

【0058】なお、実施の形態2では、並び替え及び再配置、すなわちコンパート処理は、スクランブル・フォワードエラーコレクション4, 5及びデスクランブル・フォワードエラーコレクション29, 30が行っているが、他の回路、例えばインターリーブ6、トーンオーダリング7、トーンオーダリング27、デインターリーブ28で行ってもよいし、別の回路として、スクランブル・フォワードエラーコレクション4, 5の後段及びデスクランブル・フォワードエラーコレクション29, 30の前段に設けて行っても同様の効果を得ることができる。

40 【0059】また、実施の形態1と同様に、図5及び図6に示すように、インターリーブ6及びデインターリーブ28の代わりに、ターボコードエンコーダ41及びターボコードデコーダ42を用いて、実施の形態2におけるコンパート処理をこのターボコードエンコーダ41及びターボコードデコーダ42内のデータの並び替えの処理に含めて処理するようにしても、同様の効果を得ることができる。

【0060】また、実施の形態2では、10シンボル毎にノイズが多い期間とノイズが少ない期間とが含まれており、ノイズの多い期間とノイズの少ない期間とが1シンボルと9シンボルという単位であり、FEC処理の所定の単位時間である1コードワードが1シンボルである場合について説明したが、処理単位のシンボル数、ノイズの少ない期間のシンボル数、ノイズの多い期間のシン

17

ボル数、1コードワードのシンボル数に他の値を用いても同様の効果を得ることができ、これに限られない。また、データの処理単位にシンボルを用いているが、これに限られず、パケットやセル等の処理単位を用いても同様の効果を得ることができる。

## 【0061】

【発明の効果】以上説明したように、データ通信の際エラーの少ない期間とエラーの多い期間とが周期的に現われる通信環境下で、所定の単位時間毎にフォワードエラーコレクション処理をした後、データを送信する通信装置であって、前記所定の単位時間のデータを前記エラーの少ない期間と前記エラーの多い期間との比に合わせて分割し、前記エラーの少ない期間の比に合わせて分割されたデータを前記エラーの少ない期間に並び替え、前記エラーの多い期間の比に合わせて分割されたデータを前記エラーの多い期間に並び替える並び替え手段と、前記並び替え手段により並び替えられたデータを送信する送信手段とを備えることにより、適切なエラー訂正処理を行うことができ、かつ伝送効率よくデータを伝送することができる。

【0062】また、データ通信の際エラーの少ない期間とエラーの多い期間とが周期的に現われる通信環境下で、受信したデータにおいて所定の単位時間内に所定の割合以下のエラーが発生した場合、フォワードエラーコレクション処理を行ってエラーした部分を訂正する通信装置であって、前記所定の単位時間のデータを前記エラーの少ない期間と前記エラーの多い期間との比に合わせて分割され、前記エラーの少ない期間の比に合わせて分割されたデータを前記エラーの少ない期間に並び替えられ、前記エラーの多い期間の比に合わせて分割されたデータを前記エラーの多い期間に並び替えられて送信されたデータを受信する受信手段と、前記受信手段により受信したデータに対して送信前に行われた並び替えと逆の並び替えを行い元のデータに再配置する再配置手段と、前記所定の単位時間内に所定の割合以下のエラーが発生した場合、フォワードエラーコレクション処理を行ってエラーした部分を訂正するエラー訂正処理手段とを備えることにより、適切なエラー訂正処理を行うことができ、かつ伝送効率よくデータを伝送することができる。

【0063】また、データ通信の際エラーの少ない期間とエラーの多い期間とが周期的に現われる通信環境下で、所定の単位時間毎にフォワードエラーコレクション処理をした後、データを送信し、送信されたデータにおいて所定の単位時間内に所定の割合以下のエラーが発生した場合、フォワードエラーコレクション処理を行ってエラーした部分を訂正する通信方法であって、前記所定の単位時間のデータを前記エラーの少ない期間と前記エラーの多い期間との比に合わせて分割し、前記エラーの少ない期間の比に合わせて分割されたデータを前記エラーの少ない期間に並び替え、前記エラーの多い期間の比

18

に合わせて分割されたデータを前記エラーの多い期間に並び替え、並び替えられたデータを送信し、送信されたデータに対して送信前に行われた並び替えと逆の並び替えを行い元のデータに再配置し、前記所定の単位時間内に所定の割合以下のエラーが発生した場合、フォワードエラーコレクション処理を行ってエラーした部分を訂正することにより、適切なエラー訂正処理を行うことができ、かつ伝送効率よくデータを伝送することができる。

## 【図面の簡単な説明】

10 【図1】 本発明に係る通信装置の実施の形態1であるADSL通信装置の通信モジュム等の送信系の構成の一例を具体的に示した説明図である。

【図2】 本発明に係る通信装置の実施の形態1であるADSL通信装置の通信モジュム等の受信系の構成の一例を具体的に示した説明図である。

【図3】 実施の形態1におけるエラー訂正処理の動作を示す説明図である。

【図4】 実施の形態1におけるエラー訂正処理の別の動作を示す説明図である。

20 【図5】 実施の形態1におけるエラー訂正処理の1つであるターボコードを使用した場合のADSL通信装置の通信モジュム等の送信系の構成の一例を具体的に示した説明図である。

【図6】 実施の形態1におけるターボコードを使用した場合のADSL通信装置の通信モジュム等の受信系の構成の一例を具体的に示した説明図である。

【図7】 実施の形態1におけるエラー訂正処理の別の動作を示す説明図である。

【図8】 実施の形態2におけるエラー訂正処理の動作を示す説明図である。

30 【符号の説明】

- 1 マルチブレックス／シンクコントロール
- 2, 3 サイクリックリダンダンシチェック
- 4, 5 スクランブル・フォワードエラーコレクション（並び替え手段）
- 6 インターリーブ
- 7 トーンオーダリング
- 8 コンステレーションエンコーダ・ゲインスケーリング
- 9 逆離散フーリエ変換部
- 10 入力パラレル／シリアルバッファ
- 11 アナログプロセッシング・D/Aコンバータ（送信手段）
- 21 アナログプロセッシング・A/Dコンバータ（受信手段）
- 22 タイムドメインイコライザ
- 23 入力シリアル／パラレルバッファ
- 24 離散フーリエ変換部
- 25 周波数ドメインイコライザ
- 50 26 コンステレーションエンコーダ・ゲインスケーリング

19

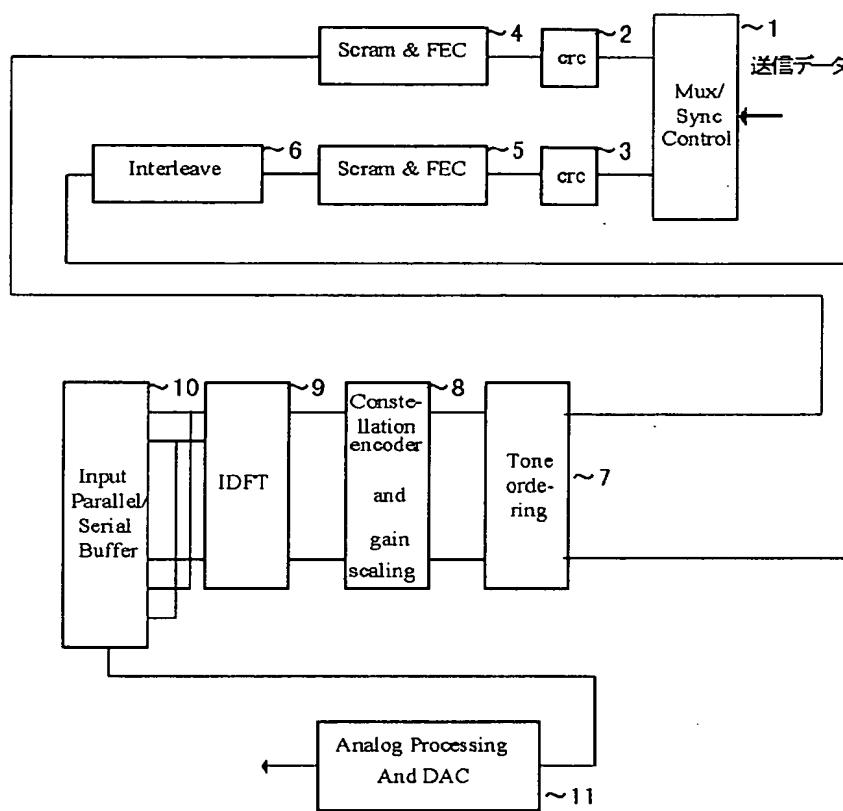
20

ング

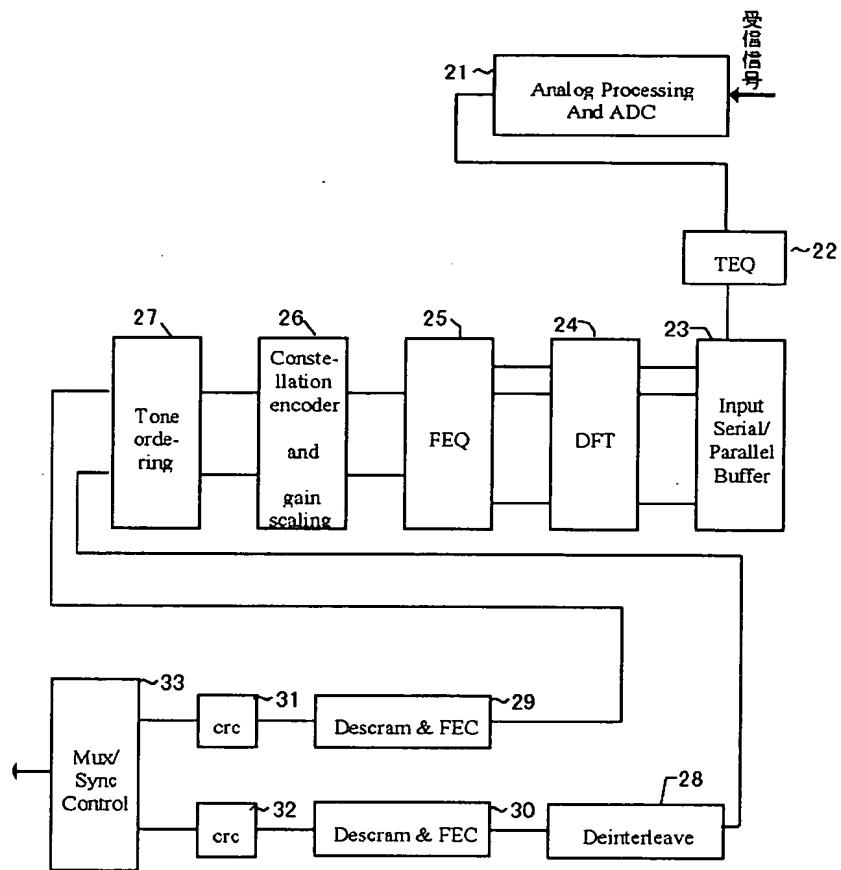
27 トンオーダリング  
 28 デインターリーブ  
 29, 30 デスクランブル・フォワードエラーコレク  
 ション (再配置手段、エラー訂正処理手段)

31, 32 サイクリックリダンダンシチェック  
 33 ミュックス/シンクコントロール  
 41 ターボコードエンコーダ  
 42 ターボコードデコーダ

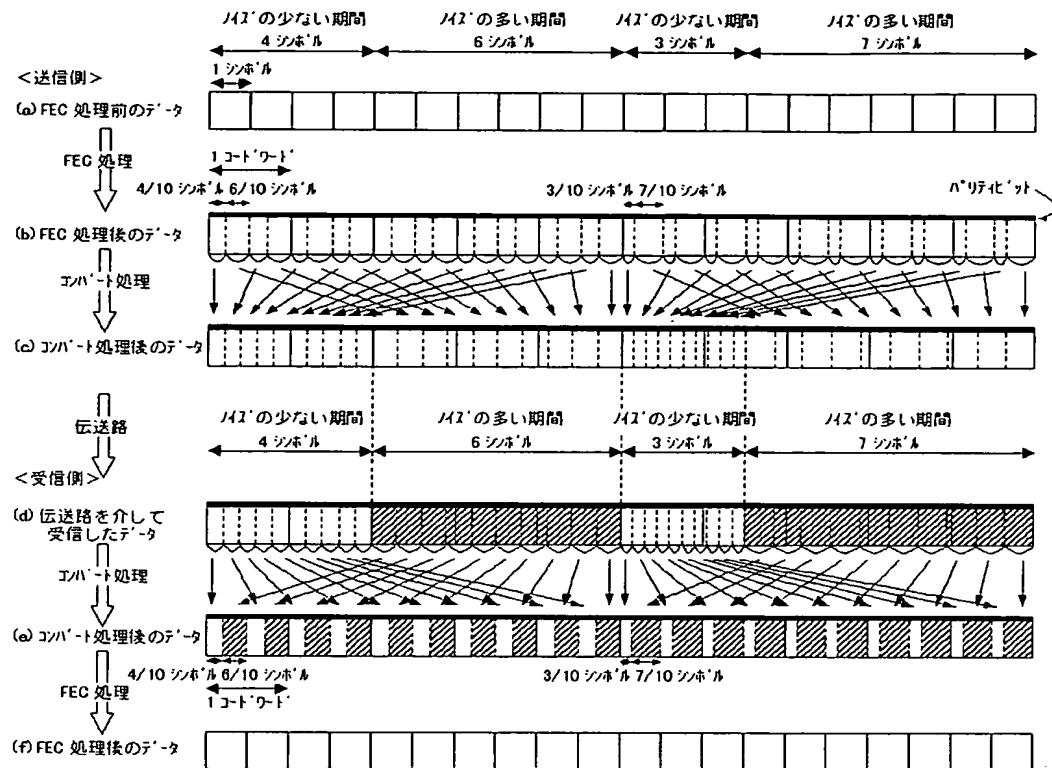
【図1】



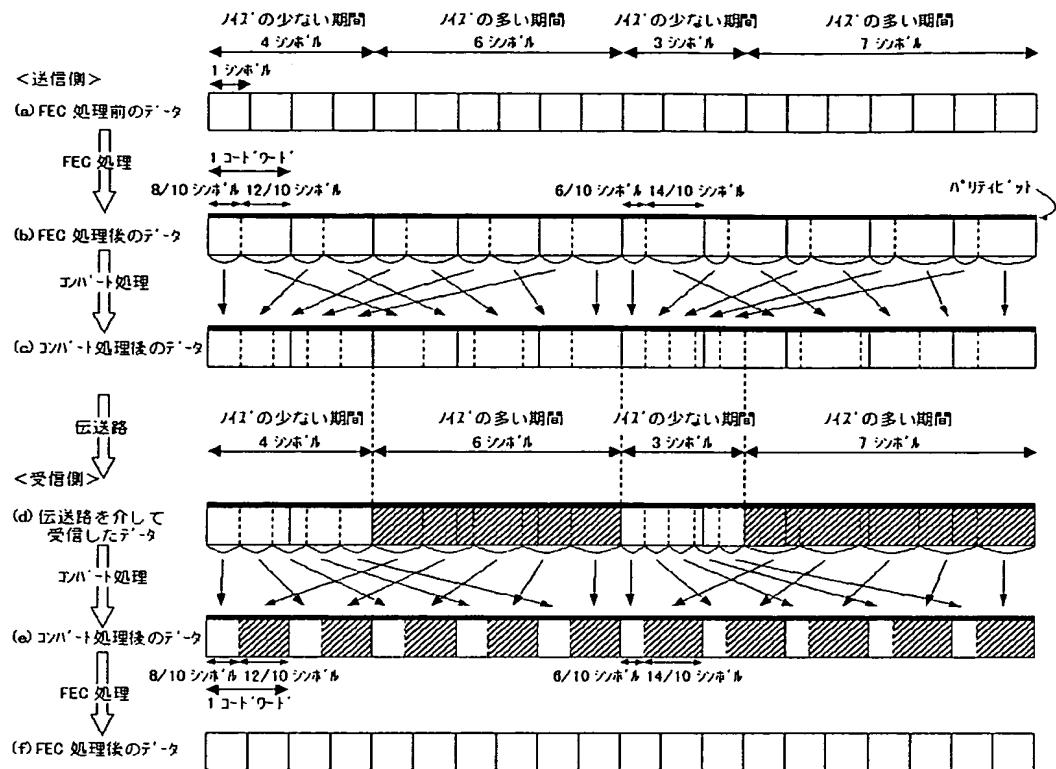
[図2]



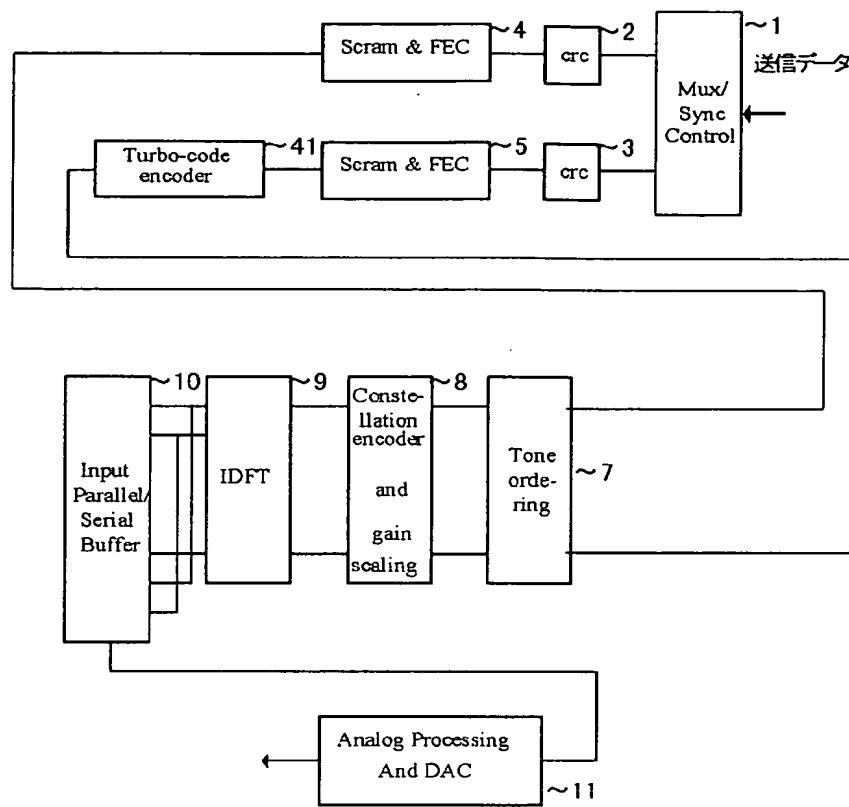
【図3】



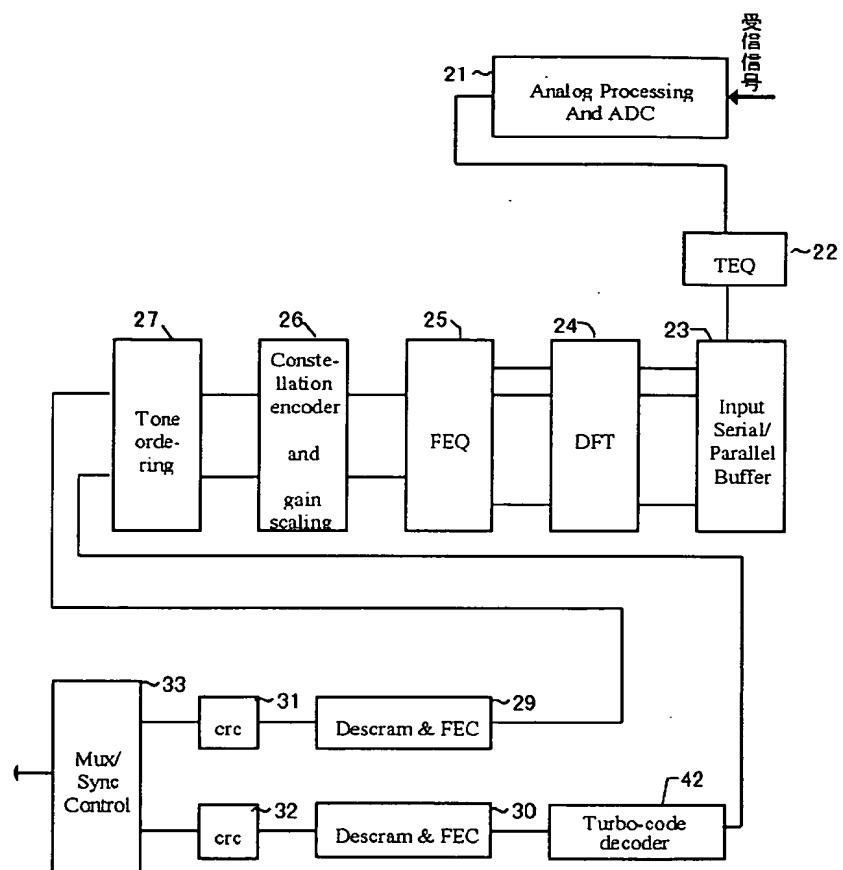
【図4】



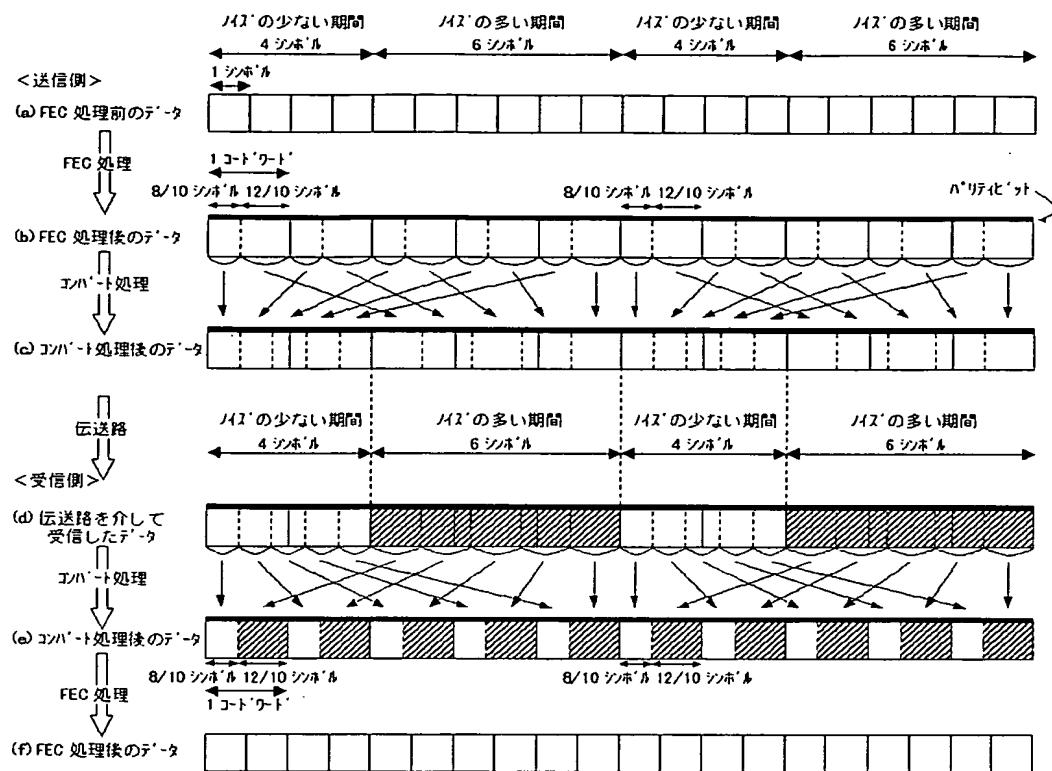
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

